三菱電子印刷の開発

Development for Mitsubishi Electronic Printing System

三原製作所 島田仁章[*1] 河村博祥[*2]
技術本部 田阪範文[*3] 岡田智章[*4]
松川忠裕[*5]

印刷産業においては，大型の製版機器が影を潜め代りにパソコンを中心としたDTP（Desk Top Publishing）システムが主役となり，印刷情報のディジタル化が急速に広がり定着しつつある．このような上流工程の動向に合せ，ディジタル印刷機がデビューし注目を集めている．必要な時に必要な部数だけ印刷が可能ないわゆるオンデマンド印刷は，即時性，柔軟性，さらには少部数印刷における低コスト化に優れていることから，従来の印刷市場を変革しつつある．こうしたニーズにこたえて，当社では印刷速度72枚/min（A4），解像度800 dpi（dot/inch）の高速・高画質なオンデマンド型印刷機である三菱電子印刷MD 300を開発した．

The Mitsubishi Electronic Printing System MD 300 is a new generation system, providing what is called On-Demand Printing. Using On-Demand Printing, users can print as many copies as they want whenever they need to. Also, this system reduces the lead time from make-up until print and finish. Additionally, this system reduces printing costs for short run printing. The Mitsubishi electronic printing system MD 300 prints at high speeds (72 sheets/min in A4 size), and simultaneously conveys high resolution (800 dpi).

1. まえがき

高度情報化社会が進展する中，印刷産業においても電子化（ディジタル化）が進んでいる．特に安価なパソコンが高性能化するにつれ，印刷上流の編集・製版工程におけるディジタル化は急速に普及し定着してきた．

一方，印刷に対する市場ニーズは個別化・多様化しており，一件当りの印刷部数は減少しつつある．これらディジタル技術と市場ニーズから“必要な印刷物を必要なときに，必要な部数だけ印刷する”という新たな印刷コンセプト，すなわち“オンデマンド印刷”が生まれ，印刷産業が今後とも成長を続けるためのキーテクノロジーとして強い関心が寄せられている．

しかしながらグーテンベルグ以来，“大量複写”を基本コンセプトとして進歩してきた従来の印刷技術は，10部，100部といった少部数印刷への対応は苦手であり，特にコスト・納期面で限界がある．そこで当社では高速，高画質，低コストという印刷の基本要求を満足した上でオンデマンド印刷の即時性・柔軟性を兼備した未来形の印刷機“三菱電子印刷”の開発に取組んできた．

三菱電子印刷はOA機器で実用化されている電子写真技術と独自開発の液体トナー，画像形成技術，また当社が長年培ってきた印刷技術を要求ニーズに合せ最適に融合させることにより完成させたものである．本報では三菱電子印刷の位置づけ，技術的特徴，システム構成，そして今後の展開について解説する

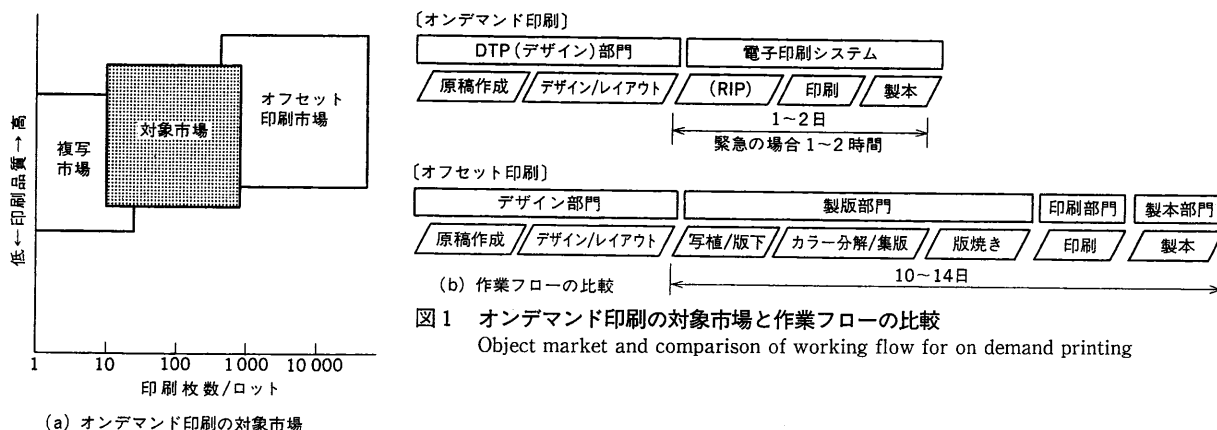
2. オンデマンド印刷の特徴

2.1 少部数対応

オンデマンド印刷は，版がない（版のイニシャルコストが不要）ことから1部でも1 000部でも印刷単価は変わらない．そのため，版を必要とする従来印刷（オフセット印刷等）に比べ少部数での印刷単価が低くできる．オンデマンドといえども，“印刷機”である以上50万～100万枚/月程度の大量生産に耐え得る構造が必要になる．カラー複写機の場合コピー枚数は5千～5万枚/月といわれており，それが機械構造の基本的な差異になっている．図1(a)参照．

2.2 即時性

オンデマンド印刷では従来の製版部門における作業も含めて印刷上流工程のすべてをパソコン内で処理することができる．また，1枚1枚異なった絵柄を出力できることから，仕上げ装置を直結

図1 オンデマンド印刷の対象市場と作業フローの比較
Object market and comparison of working flow for on demand printing

*1 電子制御部電子印刷グループ主査
*2 電子制御部電子印刷グループ主務
*3 広島研究所紙・印刷機械研究推進室
*4 広島研究所色彩・画像研究室
*5 エレクトロニクス技術部 エレクトロニクス技術開発センター

することにより本を1冊ずつ出力することも可能になる．編集工程から製本工程まで極めて短時間にかつ低コストで完了させることができる．図1(b)参照．

2．3　可変データ印刷

1枚ずつ異なった印刷物を作るということは，従来の印刷方式では経済的に不可能であった．ダイレクトメールのあて名書きに代表される可変データ印刷は，印刷物に新たな付加価値を生み出す．可変データ印刷は，今後オンデマンド印刷が新市場を開拓するための原動力になる．

2．4　容易な操作性

オフセット印刷の場合，オペレータは同時にメインテナンスも担当する．日常点検のみならず機械の少々の故障はオペレータが修理する．その結果，高い稼働率が維持されている．

しかし，オンデマンド印刷は分散型の印刷機であり，設置場所にはスキルのあるオペレータは居ないと予想される．したがって誰もが容易に運転できる構造であること，オフセット印刷並みの高い生産性を保証するためにはメインテナンスフリーであること，またコンパクトであることもオンデマンド印刷の必要条件となる．

3．三菱電子印刷の技術的特徴

3．1　基本コンセプト

3．1．1　電子写真方式の採用

オンデマンド印刷に適用できる記録技術としては，インキジェット，熱転写，電子写真などの方式が挙げられる．それらの比較を表1に示す．

表1　記録技術比較表
Comparison of recording method

記録技術	記録速度 (dot/s)	記録エネルギー (J/cm^2)	記録最小画素径 (μm)	記録階調再現量 (量/dot)	発色材料最小サイズ (μm)
インキジェット方式	10^4～10^6	0.1～0.2	50～150	1	<0.1
熱転写方式	10^4～10^6	1.5～2.0	30～50 7～10	256	<0.1
電子写真方式（乾式トナー）	10^6～10^8	0.5～1×10^{-6}	25～60	64(注)	6～12
電子写真方式（湿式トナー）	10^6～10^8	0.5～1×10^{-6}	1～4	64(注)	0.1～2

（注）現状では実績ないが原理的には可能．

インキジェット方式は安価な方式であるが印刷速度は一般に低く，画質に関しては画素径が大きく1ドット当りの階調の再現量も低い．また，熱転写方式は高画質な印刷が可能であるが印刷速度に制限が出てくる．一方電子写真方式は前記二者に比べ記録速度が速く，記録エネルギーも少なくて済むことから印刷の高速化が期待できる．また記録画素径は熱転写方式相当で，湿式トナー（液体トナー）の場合さらに記録画素径の微細化が可能であり，オフセット印刷相当の高画質化も期待できる．以上から当社では高速・高画質が同時に達成可能な電子写真方式を採用し，より高画質が期待できる液体トナーを自社で開発した．さらに，感光体は後述のように耐刷性に優れたa-Si（アモルファスシリコン）感光体を採用している．

3．1．2　4連タンデム構成

電子写真技術を応用したカラー複写機では通常1ドラムの上に画像を作り枚葉紙に転写する．ドラム1回転ごとに4色のトナー像（シアン・マゼンタ・イエロー・ブラック）を順次形成するのである．

カラー複写機はオフィスユースであり，装置のコンパクト化が優先される．装置の稼働率実績は10％以下であり，5枚/min（A4）という現状の印刷速度を上げるニーズは少ない．また損紙低減の観点から枚葉紙を使用している．しかし枚葉紙搬送は湿度等の外乱を受けやすく，高速印刷時には紙詰まりの恐れがある．

オンデマンド印刷の場合，画質とともに印刷速度が重要視される．また稼働率は50％以上を想定しており，連続印刷が前提となる．したがってオンデマンド印刷では4つの印刷ユニットをタンデムに配置して高速性を確保するとともに，連続印刷における安定性が得やすい連続（ロール）紙が優先的に採用されている．その上でコンパクト化，損紙低減策が加えられる．

幸い当社には商業オフセット輪転機等で培われたロール紙搬送技術の蓄積があり，三菱電子印刷の開発にも生かされている．

3．2　高速・高画質化技術

3．2．1　画像形成原理

電子写真プロセスを図2に示す．

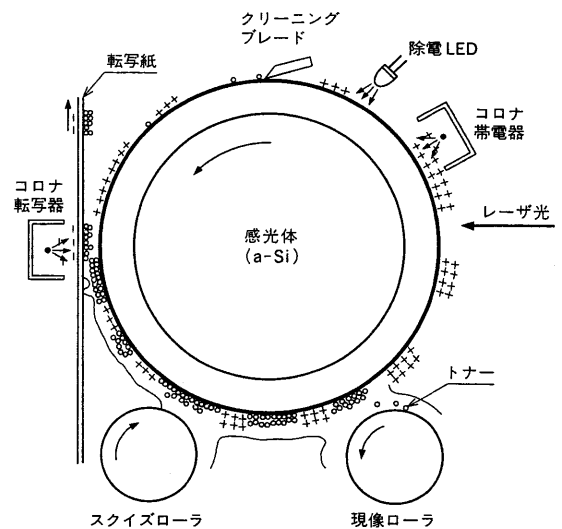



図2　電子写真印刷プロセス
Electrophotographic printing process

まず，コロナ帯電器で感光体表面を均一に帯電する．次に，画像部にレーザ光を当て光の当った部分の帯電電荷を除去し，画像部以外の所（非画像部）に電荷を残した静電潜像を形成する．現像ローラで供給される液体トナー中の着色微粒子（トナー）は，静電潜像及び現像電圧と同極性の電荷を帯びている．現像ローラ電圧を画像部の電位より高くかつ非画像部の電位より低い電圧に設定することにより，トナーが電気泳動し，感光体の光を当てた部分に付着して可視像（トナー像）となる．次に，スクイズローラで感光体上に形成されたトナー像の余分な液を除去する．記録紙をこのトナー像に重ね，記録紙の裏側からコロナ転写器でトナーと逆極性の電荷を記録紙に与え，静電力によりトナー像を記録紙に転写する．転写されたトナー像は，定着器（図示していない）によって熱を加え，記録紙に融着させて永久像とする．一方，転写されずに感光体ドラム上に残ったトナーはブレードで除去し，残留した潜像電荷は除電LEDの光によって除去される．この帯電から除電に至る一連のプロセスを繰返すことにより連続的に画像形成を行う．

3．2．2　高速・高画質化への技術課題

液体トナーによる高速・高画質印刷を実現する印刷プロセスの

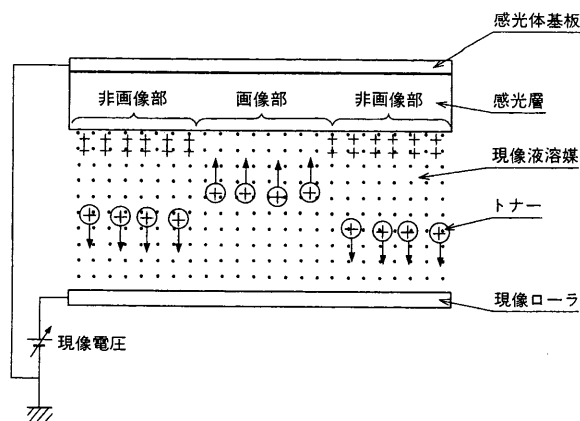



図3　現像プロセス計算モデル
Analytical model of developing process

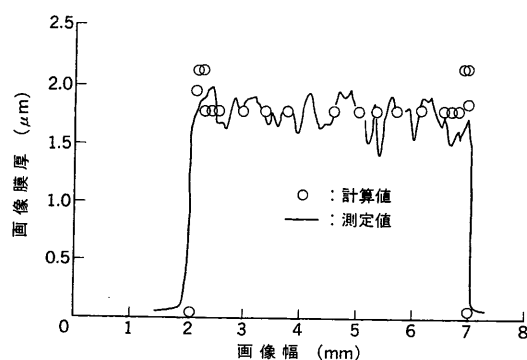
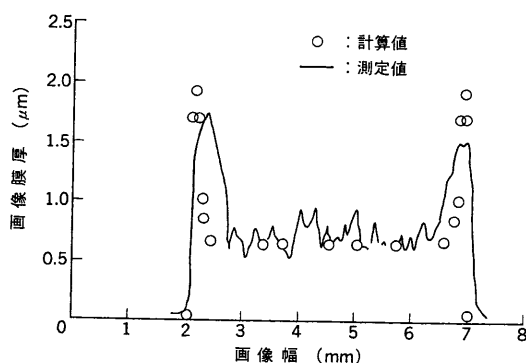



図4　エッジ効果の評価結果
Result of edge effect test

課題と達成手段を以下に示す．

(1)　高濃度均一現像

高速印刷において，高濃度で均一な画像を得るには，トナー物性及び現像プロセス両面からの適性化が必要とされるため，図3に示す現像プロセスの計算モデル[(1)(2)]により把握したトナー及び現像の設計指針に基づいて実験検証し，適正化を行った．

計算に用いた電気泳動の基本式を下記に示す．

$$V=\frac{qE}{6\pi\eta a}$$

ここで，

V：トナー泳動速度（cm/s）
q：トナー電荷量（C）
E：電界強度（V/cm）
η：液体トナーの粘度〔g/(cm·s)〕
a：トナーの半径（cm）

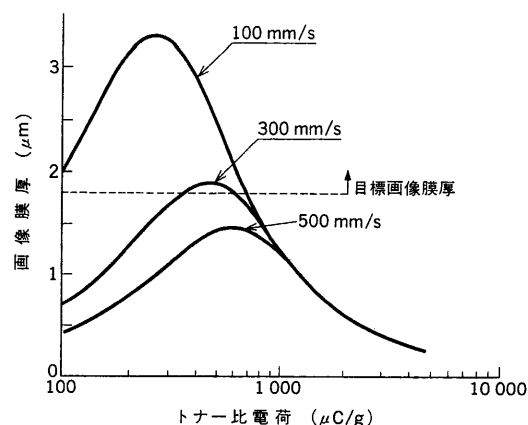



図5　トナー比電荷と画像膜厚の関係
Relation between charge to mass ratio of toner and image layer thickness

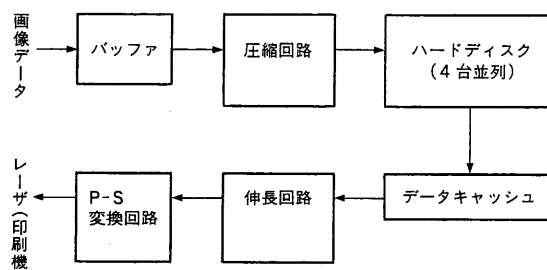



図6　メモリのシステム構成
Schematic diagram of memory

図4は静電潜像周辺部での電界強度のむらに起因する画像濃度むら（エッジ効果）の評価例で，実測値と計算値が良く一致しており，現像電圧を300 Vに設定することで均一な画像が得られることを示している．図5は，トナー比電荷（単位重量のトナー付着が発生するまでに電極に流入する電荷量）とトナー付着量を評価した例で，印刷速度に対して最大付着量が得られるトナー比電荷が異なることを示しており，比電荷を300～600 μC/gに設定することで印刷速度72枚/min（A4）での高速・高濃度印刷を達成している．

(2)　高耐久の感光体

液体トナーを用いた高速印刷を実現するには，帯電性，感度などの電気特性を満足するだけでなく，耐溶剤性で無公害かつ経済性がある感光体が必要となる．これらの要求を満たす感光体として，有機系，セレン系，アモルファスシリコン系等の各種感光体を比較検討[(3)(4)]した結果，アモルファスシリコン感光体を採用し100万ページ（A 4）以上の耐刷性が可能となった．

3．3　可変データ印刷技術

3．3．1　可変データ印刷に必要な性能

数百ページにわたる多ページの印刷物を高速・高解像度で印刷するには現状技術ではRIP（ラスタイメージプロセッサの略称で，標準化されたフォーマットで入力されたファイルを網点画像データに変換するソフトウェア）の処理速度が遅いため大容量のメモリが必要である．また格納された画像データを印刷速度・解像度に見合った速度で読出してレーザ（光書込み装置）へ出力する機構が必要となる．三菱電子印刷の仕様である“A 4 カラー1 000ページ”“印刷速度72枚/min”“解像度800 dpi”を実現するにはメモリ容量29 Gbyte，レーザ出力速度35.4 Mbyte/sの大容量・高速出力のシステムが必要となる．

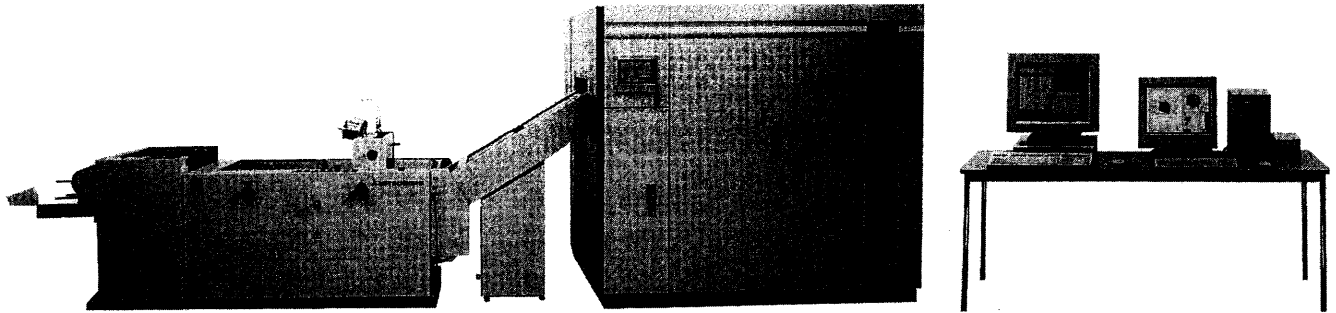



図7　三菱電子印刷 MD 300 の構成
View of Mitsubishi electronic printing system MD 300

上記の必要な性能のうち，容量だけならハードディスクで実現できるが出力速度が満足できない（～5 Mbyte/s が限界）．また速度を満足するものとして半導体メモリなどが挙げられるがコスト的に採用することは難しい．そこで当社ではハードディスクを複数台並列に駆動するディスクアレイ方式並びにデータ圧縮・伸長技術を取入れ，大容量かつ高速出力が可能なシステムを実現している．

3．3．2　可変データ印刷のシステム構成

図6にメモリのシステム構成を示す．RIP によって網点イメージに展開された画像データは，圧縮回路で圧縮された後，4台のハードディスクに格納される．各ハードディスクは独立したバスで接続されており同時平行動作を可能としている．印刷時には，ハードディスクから圧縮された画像データが読出され，伸長回路を通して本来の画像データに戻されて P-S（パラレル→シリアル）変換回路を経由して，レーザへ出力される．またハードディスクは機械的な動作を伴うためデータを読出す際，各ディスク間に無視できない時間差が生じる．この時間差を吸収するためディスク～伸長回路間にデータキャッシュを設けディスク間のデータ転送の時間的なずれを補正し伸長回路へ同時に出力することを可能としている．圧縮・伸長の手法として不可逆圧縮法，可逆圧縮法がある．不可逆圧縮法は高い圧縮率が実現でき，メモリ容量を小さくできるメリットがあるが，文字がぼやける，画像に細かな乱れが生じるなどの画質劣化が発生する．そのため，高画質化を目指す三菱電子印刷ではデータが完全に復元可能な可逆圧縮法（Lempel-Ziv 法）を採用している．

4．三菱電子印刷の構成と仕様

図7及び表2に三菱電子印刷の構成と仕様を示す．上流の編集システムは印刷業界で普及しているパソコン（マッキントッシュコンピュータ）を想定している．編集システムから出力されるデータファイルはネットワークを介してワークステーション（SPARC station）に送られ自動的に RIP 展開され，大容量メモリ（Printing Memory）に記憶される．ディジタル印刷機は液体トナーを利用した電子写真方式を採用している．4色の印刷ユニットを縦に配置（タンデム型）し，4色フルカラーまたは両面2色（表2色，裏2色）印刷を可能としている．印刷用紙はA3サイズのロール紙とし，A3・A4などのサイズにカットされ出力される．また仕上げ装置を配備することで製本出力することも可能となっている．

表2　三菱電子印刷 MD 300 の仕様
Specification of Mitsubishi electronic printing system MD 300

諸　元	仕　様
印刷方式	電子写真方式
解像度	800 dpi
印刷形態	片面4色または，両面2色/2色
印刷速度	片面印刷時：72 枚/min，4 320 枚/h（A4 横印刷時） 両面印刷時：144 ページ/min，8 640 ページ/h（A4 横印刷時）
最大印刷寸法	306×430 mm（A3 トンボ入り対応）
印刷用紙	ロール紙（コート紙，微塗工紙，上質紙）：可変シートカット
印刷メモリ	A4 フルカラー 1 000 ページ程度（三菱標準絵柄） A4 モノクロ　10 000 ページ程度（三菱標準絵柄）
RIP	SPARCstation 版ソフトウェア RIP（PostScript Level 2 互換）
ソフトウェア	RIP＋印刷メモリ管理ソフトウェア
印刷機本体寸法	L 2.0×W 1.4×H 1.9 m
オプション	製本装置（中とじ・平とじ兼用機）との接続 編集装置（Macintosh） 編集システムとのネットワーク構築

5．ま　と　め

三菱電子印刷 MD 300 が実現するオンデマンド印刷は印刷の未来形を先取りしたものであるが，取扱説明書や社内報等のドキュメント印刷分野では既に実用化も始まっている．今後さらに，ちらし，POP（店頭告知広告），パンフレット等の商業印刷分野あるいは文庫本，人名録等の出版分野へと利用分野は拡大していくものと思われる．

また，従来の印刷では実現できなかった印刷の潜在的利用分野を掘起こすためショールームも開設されている．多くの人々にオンデマンド印刷の有効性を認知してもらい，その中から市場の新たなニーズをつかみ取り，三菱電子印刷の機能を更に拡大・向上させていきたいと考えている．

参 考 文 献

(1) Schaffert,R.M.,electrophotography, Focal Press Inc.(1965)
(2) 川西敏之，液体現像機構に関するいくつかの考察，電子写真学会誌　第12巻　第3号（1973）
(3) 電子写真学会，電子写真技術の基礎と応用，コロナ社（1988）
(4) ソフト技研，最近の電子写真プロセス技術と装置の最適設計・応用開発，経営開発センター出版部（1989）